

WYKONYWANIE PRECYZYJNYCH ODLEWÓW WIELKOGABARYTOWYCH W CIEKŁYCH MASACH CERAMICZNYCH.

MANUFACTURING OF BIG SIZE PRECISION CASTINGS USING OF FLUID CERAMIC AGGREGATES

S. MŁODNICKI¹, A. KARWIŃSKI², K. MICHALUK³, K. KOTLIŃSKI⁴

STRESZCZENIE: W referacie przedstawiono efekty współpracy Zakładu Produkcyjno-Usługowego „ROMBEX” w Gdańsku i Instytutu Odlewnictwa w Krakowie w ramach projektu celowego. Przedstawiono dobór ciekłych mas ceramicznych w postaci mas gipsowych i Shaw’a, dla produkowanego o odlewni asortymentu odlewów. Szczegółowo opisano proces technologiczny wykonania wielkogabarytowego odlewu w masie Shaw’a na przykładzie płatu turbiny Kaplana D 1600. Podano przykłady odlewów doświadczalnych wykonanych w masie Shaw’a i w masach gipsowych.

ABSTRACT: In the paper were presented the results of intentional project made in cooperation of Foundry Research Institute in Kraków and Z.T-U “ROMBEX” enterprise in Gdańsk. Selection of the aggregates in form of ceramic plaster and Shaw’s for produced assortment of castings were presented. Technology specification and description were made for a big size casting of Kaplan D 1600 turbine made by Shaw method. Additionally exemplars of experimental castings made by Shaw method and plaster moulds were given.

SŁOWA KLUCZOWE: ciekłe masy ceramiczne, odlewy precyzyjne, metoda Shaw’a, formy gipsowe, stopy metali nieżelaznych

KEY WORDS: fluid ceramic aggregates, Shaw’s method, precision castings, cooper alloy castings

1 UWAGI WSTĘPNE

Do wykonywania form odlewniczych na wielkogabarytowe odlewy precyzyjne znajdują zastosowanie chemicznie utwardzane ciekłe masy ceramiczne. Bardzo dobre wyniki techniczne uzyskuje się przy użyciu metody Shaw’a. Metoda ta charakteryzuje się jednak wysokimi kosztami produkcji ze względu na koszty materiałowe oraz energochłonność technologii. Powoduje ona również zagrożenia dla środowiska naturalnego, ponieważ masa formierska zawiera krzemoorganiczne spoiwo.

Partnerem prac prezentowanych w artykule był Zakład Produkcyjno-Usługowy „ROMBEX” w Gdańsku. Przedmiotem prac były odlewy, które produkowane są w ROMBEX-ie czyli odlewy ze stopów miedzi, aluminium, cynku i ołowiu. Asortyment odlewów obejmuje odlewy o masie od 50 kg ze stopów aluminium do 3000 kg i więcej ze stopów miedzi, cynku i ołowiu. Wykonywane dotychczas, w masach klasycznych odlewy charakteryzowała duża chropowatość powierzchni i częste występowanie wad powierzchniowych takich jak zaprószenia, przypalenia masy formierskiej, strupy czy zalewki, co powodowało dużą uciążliwość i wysokie koszty oczyszczania i obróbki

¹ Mgr inż. Stanisław Młodnicki – Centrum Projektowania i Prototypowania Instytut Odlewnictwa Kraków,

² Dr inż. Aleksander Karwiński - Centrum Projektowania i Prototypowania Instytut Odlewnictwa Kraków,

³ Mgr inż. Kazimierz Michaluk - Zakład Produkcyjno-Usługowy ROMBEX Gdańsk,

⁴ Mgr inż. Krzysztof Kotliński - Zakład Produkcyjno-Usługowy ROMBEX Gdańsk.

wykańczającej odlewów. Ze względu na wysokie wymagania potencjalnych klientów, dotyczące chropowatości powierzchni, dokładności odtworzenia kształtu i dokładności wymiarowej, ich wykonanie w masach klasycznych jest bardzo utrudnione, a w wielu przypadkach wręcz niemożliwe.

2 DOBÓR ROZWIĄZANIA TECHNOLOGICZNEGO.

Do produkcji precyzyjnych odlewów wielkogabarytowych rozwiązań technologicznych polegających na wykonywaniu form odlewniczych z ciekłych mas ceramicznych chemicznie utwardzanych. W prezentowanych pracach rozwiązaniach przewidziano ciekłe masy ceramiczne, w których czynnikiem wiążącym zależnie od temperatury topnienia stopu odlewniczego są:

- zhydrolizowany krzemian etylu 40 (stopu Cu),
- krzemionka koloidalna i gips (stopu Al. i Cu),
- gips (stopu Al., Zn i Pb).

Najbardziej uniwersalne rozwiązanie technologiczne spośród tych, które były przedmiotem badań jest w szerokim tego słowa znaczeniu metoda Shaw'a.

Technologia wykonywania form zgodnie z metodą Shaw'a najczęściej stosowana jest do wykonywania odlewów o masie 0,5 do 150 kg z żeliwa, staliwa bądź stopów miedzi. Stosowana jest do produkcji jednostkowej i/lub małoseryjnej odlewów precyzyjnych charakteryzujących się dużą dokładnością wymiarową i małą chropowatością powierzchni. Dokładność wymiarowa odlewów wytwarzanych tą metodą jest bardzo duża. Dla wymiaru odlewu do 100 mm uzyskuje się tolerancję 0,4 mm, a do 400 mm tolerancję 1,5 mm. Typowym zastosowaniem metody Shaw'a jest odlewanie części matryc kuziennych, kokil, form ciśnieniowych, form dla przemysłu gumowego, szklarskiego itp. Powierzchnie robocze wewnętrzne i zewnętrzne odlewanych części nie wymagają już obróbki skrawaniem.

Istotą technologii Shaw'a jest to, że masą formierską jest ciekła masa ceramiczna składająca się z ogniotrwałego materiału ceramicznego (np. molochite, cyrkon, palonka wysokoglinowa) oraz ze zhydrolizowanego krzemianu etylu 40.

W rozwiązaniach technologicznych stosujących jako spoiwo gips - ciekła masa ceramiczna składa się z gipsu, ogniotrwałego materiału ceramicznego (najczęściej kwarcu krystalicznego) oraz wody bądź rozcieńczonego wodą zolu kwasu krzemowego. Rodzaj i proporcje składników ciekłych mas ceramicznych są dobierane indywidualnie w zależności od gabarytów i masy odlewów, grubości ich ścianki oraz rodzaju tworzywa metalowego.

Technologia wykonywania form zgodnie z metodą Shaw'a najczęściej stosowana jest do wykonywania odlewów o masie 0,5 do 150 kg z żeliwa, staliwa bądź stopów miedzi. Stosowana jest do produkcji jednostkowej i/lub małoseryjnej odlewów precyzyjnych charakteryzujących się dużą dokładnością wymiarową i małą chropowatością powierzchni.

W rozwiązaniach technologicznych stosujących jako spoiwo gips - ciekła masa ceramiczna składa się z gipsu, ogniotrwałego materiału ceramicznego (najczęściej kwarcu krystalicznego) oraz wody bądź rozcieńczonego wodą zolu kwasu krzemowego.

Na podstawie wyników przeprowadzonych w Instytucie Odlewnictwa badań jako optymalne do wykonywania form w warunkach odlewni „ROMBEX” wytypowano dwa składy ciekłych mas ceramicznych:

1. Dla form wysokiej klasy odlewów o wymaganej dużej dokładności wymiarowej i wysokiej jakości powierzchni ze stopów Cu, masę Shaw'a ze zhydrolizowanym krzemianem etylu o składzie mieszanki ceramicznej:

- mączka cyrkonowa	-	6 cz. obj.
- molochite	-	4 cz. obj.
- piasek cyrkonowy	-	1 cz. obj.

2. Dla form odlewów, którym nie stawia się najwyższych wymagań jakościowych ze stopów Al., Zn i Pb masę ze spoiwem gipsowym o składzie :

- gips ceramiczny	-	1 cz. obj.
- mączka kwarcowa	-	1,5 cz. obj.
- szamot mielony	-	1,5 cz. obj.

3 WYKONANIE PRECYZYJNYCH ODLEWÓW WIELKOGABARYTOWYCH PRZY ZASTOSOWANIU CIEKŁYCH MAS CERAMICZNYCH.

Przebieg procesu opracowania technologii i wykonania odlewów zaprezentowano w artykule na przykładzie odlewu płatu wirnika turbiny Kaplana D 1600 wytwarzanego przy zastosowaniu metody Shaw'a. Płat wirnika jest odlewem skomplikowanym pod względem geometrii, a ponadto obwarowany wysokimi wymaganiami, co do gładkości powierzchni i tolerancji wymiarowych. Jest to odlew o wymiarach gabarytowych 344 x 597 x 816 mm, zmiennej przeważającej grubości ścianki od 18 do 34 mm i masie 95 kg.

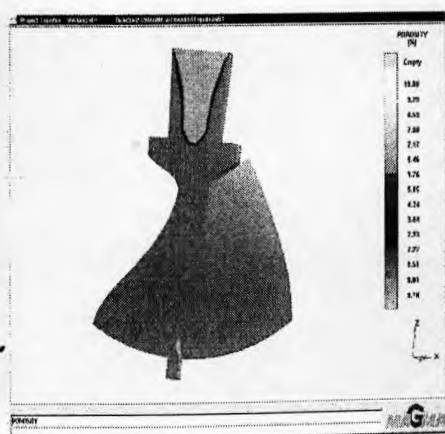
Kolejność czynności zmierzających do wykonania formy odlewniczej odlewu płatu wirnika była następująca:

- opracowanie konstrukcji formy odlewniczej,
- opracowanie techniki wykonania formy odlewniczej,
- wykonanie i zalanie ciekłym metalem formy odlewniczej.

Ad a. Do analizy komputerowej przy zastosowanie programu MagmaSoft wytypowano dwie różne konstrukcje układu wlewowo zasilającego.

Zalewanie z góry przez nadlew i zasilanie nadlewem bez zastosowanie otuliny izolacyjnej oraz zalewanie poprzez układ wlewowy wprowadzający metal od dołu z nadlewem izolacyjnym. Masa samego odlewu łopatki wynosi około 105 kg. W pierwszej wersji zastosowany do zasilania nadlew posiada masę 65 kg. Cały układ odlewniczy waży 170 kg. Zalewanie odlewu prowadzono poprzez nadlew. Ten sposób wymaga staranności podczas zalewania, ponieważ istnieje możliwość rozbryzgiwania metalu i w konsekwencji powstawania zimnych kropli. Proces krzepnięcia jest ukierunkowany z dołu do góry. Jednak w obszarze piasty występuje obszar węzła cieplnego, co sprawia, iż na połączeniu nadlewu z odlewem krzepnięcie następuje w ostatniej fazie, w tym czasie sam nadlew jest już zakrzepnięty. Dlatego nie ma prawidłowego zasilania i jama skurczowa jest umiejscowiona pod nadlewem w piastie łopatki (rys. 1).

Zalewanie przez układ wlewowy od dołu pozwala na spokojne wypełnianie wnęki formy. Górna powierzchnia metalu stosunkowo szybko się podnosi do góry i nie ma niebezpieczeństwa tworzenia się tlenków na jej powierzchni. Ponadto zanieczyszczenia wprowadzane do wnęki formy w pierwszym etapie zalewania są wyprowadzane do nadlewu. Zastosowanie nadlewu izolowanego zmniejszyło masę całego układu o około 20 kg. Pomimo zmniejszenia nadlewu jego skuteczność zasilania jest duża. Nadlew krzepnie jako ostatni i co pozwala na dobre zasilenie piasty. Porowatość jest przesunięta do nadlewu (rys. 2).



Rys. 1. Zalewanie z góry przez nadlew.



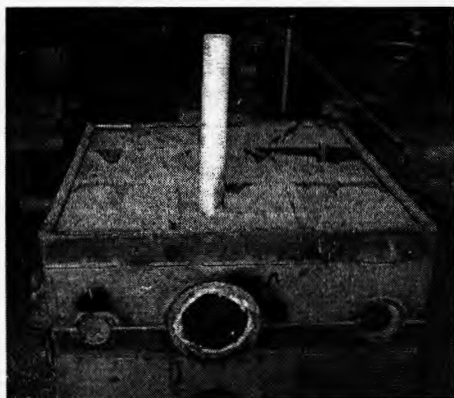
Rys. 2. Zalewanie przez układ wlewowy od dołu

Ad b. Kolejność czynności zmierzających do wykonania formy odlewniczej odlewu płatu wirnika była następująca:

1. W pierwszej kolejności, z wykorzystaniem dostarczonego modelu właściwego wykonano model nadwymiarowy (rys. 3) nakładając na model właściwy warstwy żywicy epoksydowej o grubości 10 – 15mm.
2. Model nadwymiarowy umieszczono w skrzyni i w mułku formierskim wykonano fałszywkę wraz z elementami układu wlewowo - zasilającego. Na wykonaną fałszywkę nałożono skrzynię formierską (rys. 4) i zasypano masą wypełniającą szamotową ze szkłem wodnym utwardzaną CO_2



Rys. 3. Model nadwymiarowy płatu wirnika.



Rys. 4. Skrzynia formierska przed zalaniem masą Shaw'a

3. Następnie wyjęto model nadwymiarowy i do dolnej połówki z powrotem włożono model właściwy. Nałożono górną połówkę formy szamotowej i przez otwory wlewowo – przelewowe wlało uprzednio przygotowaną masę Shaw'a (rys. 5).
4. Następnie rozłożono połówki formy, wyjęto model właściwy i podpalono połówki palnikiem gazowym (rys. 6).



Rys. 5. Wykonywanie górnej połówki formy z masy Shaw'a.



Rys. 6. Wstępne wypalanie połówek formy.

Ad c. Wykonane uprzednio połówki formy szamotowej z wylewką z masy Shaw'a odlewu płatu wirnika wypalono płomieniem palnika gazowego. Połówki formy oczyszczono, docięto wlewy doprowadzające, złożono, uszczelniono, skrócono i zalano ciekłym brązem aluminium – krzemowym. Na rysunku 7 przedstawiono moment zalewania formy, a na rysunku 8 gotowy, surowy odlew płatu wirnika.



Rys. 7. Zalewanie formy brązem.



Rys. 8. Odlew płatu wirnika po wybiciu z formy.

Do prób stosowania ciekłej masy gipsowej wytypowano model miniatury dzwonu. Wykorzystano matrycę kauczkowo – gipsową, w której wykonano modele z wosku jubilerskiego. Jeden z modeli przedstawiono na rys. 9. Formę wykonano w ten sposób, że z ciekłej masy gipsowej naniesiono na model warstwę masy przymodelowej, a po jej zakrzepnięciu i założeniu rozbiieralnej obudowy blaszanej, wnękę obudowy uzupełniono świeżo sporządzoną masą gipsową o składzie identycznym jak przymodelowa. Z masy tej wykonano również rdzeń i połówki formy serca dzwonu.

Formy suszono w temperaturze 150°C przez czas 8 godzin, a następnie wypalano w temperaturze 720°C . Miniatura dzwonu to odlew (rys. 10) o masie 4,5 kg, zmiennej grubości ścianki 8 – 12 mm, wysokości 190 mm i średnicy u dołu 150 mm.



Rys. 9. Woskowy model miniatury dzwonu



Rys.10. Gotowa miniatura dzwonu.

4 OCENA WYKONANYCH ODLEWÓW.

W trakcie prowadzonych prac wykonano odlewy płatu wirnika turbiny Kaplana przy zastosowaniu ciekłej masy Shaw'a z brązu aluminiowo – krzemowego oraz odlewy miniatury dzwonu, w ciekłej masie gipsowej, z brązu B 555. Odlewy po wybiciu z form i oczyszczeniu z resztek mas formierskich poddano ocenie ich jakości.

Odlewy płatu wirnika turbiny poddano kontroli wizualnej oraz kontroli wymiarów zgodnie z wewnętrzną instrukcją AT4 – 018566/P. Stwierdzono przy tym dobrą, pozbawioną wad jakość odlewów oraz zgodność ich wymiarów z wymaganiami założonych tolerancji wymiarowych i chropowatości powierzchni.

Odlewy miniatury dzwonu poddano kontroli wizualnej, w wyniku, której stwierdzono, iż wszystkie odlewy próbne były dobrej jakości, o dokładnym odwzorowaniu powierzchni i wzoru modelu woskowego.

5 LITERATURA.

- [1] Praca zbiorowa: *Odlewnictwo XXI wieku - stan aktualny i kierunki rozwoju technologii odlewania*, monografia ISBN 83-88770-07-1, Wydawnictwo Instytutu Odlewnictwa 2003,
- [2] MŁODNICKI S., BADYNA K., KARWIŃSKI A.: *Wytwarzanie odlewów artystycznych w masach z gipsem syntetycznym, Rzemiosło artystyczne i wzornictwo, Odlewnictwo w Polsce*, Toruński Oddział Stowarzyszenia Historyków Sztuki, Toruń 2007, ISBN 978-83-88341-37-3,
- [3] KARWIŃSKI A., MŁODNICKI S., BADYNA K.: *Manufacture of decorative castings from highly elastic silikon rubber patterns*, Archives of Foundry Engineering, Volume 8, Issue 2/2008, s.81-84, ISSN (1897-3310), Katowice – Gliwice 2008,